

**PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS  
BESI COR KELABU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**IRAWAN HENGKY SAPUTRO**

**D2001100100**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS  
BESI COR KELABU**

**PUBLIKASI ILMIAH**

**oleh:**

**IRAWAN HENGKY SAPUTRO**

**D200110100**

Telah diperiksa dan disetujui untuk di uji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Yulianto, ST., MT.**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU

OLEH

**IRAWAN HENGKY SAPUTRO**

**D200110100**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 18 Maret 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Yulianto, ST., MT.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Ngafwan, MT.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Patna Partono, ST., MT  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)



Dekan

**Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.**



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Maret 2017

Penulis



**IRAWAN HENGKY SAPUTRO**

**D200110100**

# **PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU**

## **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan mangan besi cor kelabu pada cetakan pasir. Penelitian ini menggunakan pola kayu silinder. Produk besi cor silinder berfungsi sebagai bahan pengujian. Hasil pengujian diperoleh dari CE meter temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1356.8<sup>0</sup>C, temperatur liquid 1155.4<sup>0</sup>C bentuknya masih cair, temperatur solid 1113.6<sup>0</sup>C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060<sup>0</sup>C. Hasil komposisi ada 6 unsur yang berpengaruh pada besi cor kelabu yaitu Fe=0.0512, C=0.0315, Si=0.0175, Mn=0.0037, Cr=0.0018, Ni=0.0004, unsur tersebut mengandung lebih dari 0,5%. Foto micro A terdapat grafit dan cementit sehingga dapat mempengaruhi kekerasan pada setiap bagian dan B terdapat perlit yang membuat lebih keras karena pencampuran ferit dan cementit. Pengujian kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan Mn rata-rata mencapai 34.10 HRB, dan spesimen yang menggunakan Mn rata-rata 41.14 HRB. Hasil pengujian tarik tanpa penambahan Mn didapat hasil tertinggi beban maksimal sebesar 26314.6 N, serta Tensile Strength 216.16 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan spesimen dengan penambahan Mn didapat hasil tertinggi beban maksimal sebesar 26812 N, sedangkan tensile strength 216.75 N/mm<sup>2</sup>. Porositas yang terjadi pada besi cor kelabu diakibatkan oleh beberapa factor antara lain desain pengecoran dan pola, pasir cetak dan desain cetakan dan inti, Komposisi muatan logam.*

**Kata kunci : penambahan mangan, CE meter, struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian tarik, porositas.**

## **Abstract**

*This research aims to know the influence of the addition of gray cast iron in manganese sand molds. This research uses a wooden cylinder pattern. Cast iron cylinder products serve as the ingredient testing. The test results obtained from the initial temperature meter when CE was cast in a mold 1356.80 C 1155.40 C liquid temperature, its shape is still liquid, the temperature of the solid 1113.60 C where a solid start but still iron is red until the temperature of the end 10600C. Results composition there are 6 elements effect on gray cast iron that is Fe = 0.0512, C = 0.0315, Si = 0.0175, Mn = 0.0037, Cr = 0.0018, Ni = 0.0004, the item contains more than 0.5%. There is A photo of micro graphite and cementit so that it can affect violence in every part and B there is a harder making perlit because mixing ferrite and cementit. Testing the hardness on the specimen without either Mn average reached 34.10 HRB, and specimens using Mn average 41.14 HRB. Tensile test results without the addition of Mn obtained the highest results maximum load of 26314.6 N, as well as Tensile Strength N/mm<sup>2</sup> 216.16, while specimens with the addition of the highest results obtainable Mn maximum load of 26812 N, whereas tensile strength N/mm<sup>2</sup> 216.75. Porosity that occurred on grey cast iron is caused by several factors, among others, casting and design patterns, print and design of sand mold and core, the composition of the metallic charge.*

**Key words: addition of manganese, CE meters, microstructure, tensile testing, hardness testing, porosity.**

# **1. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Sekitar 94% dari total kebutuhan dunia akan material besi adalah dalam bentuk baja dan besi cor (V.B. John: 1983: 178). Besi cor kelabu atau besi cor (FC) adalah jenis material yang sudah lama digunakan oleh manusia untuk menunjang kehidupannya dalam bentuk peralatan/komponen rumah tangga, alat-alat dalam permesinan, dan lain sebagainya. Keunggulan besi cor (FC) ini adalah proses pembuatannya yang mudah dan murah serta penggunaan peralatannya cukup sederhana (Bustanul Arifin, 2001).

Industri pengecoran logam adalah industri hulu dan industri yang menjadi tumpuan bagi industri barang modal antara lain industri otomotif khususnya industri komponen. Sejak tahun 1990-an industri pengecoran mulai terkait langsung dengan industri manufakturing, industri pengecoran dapat berbentuk industri besar atau kecil. Proses pengecoran merupakan proses terbentuknya logam dengan cara mencairkan logam padat dalam tungku dengan temperatur tinggi, kemudian menuangkan logam cair ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku. Sedangkan besi cor merupakan paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor, dan belerang. Besi cor kelabu merupakan besi tuang dengan warna patahan kelabu, dan zat karbon di dalam mikro strukturnya membentuk grafit. Dalam proses peleburan besi tuang kelabu bahan baku yang digunakan beraneka ragam diantaranya besi kasar (pig iron), besi scrap, baja scrap, scrap balik dan bahan paduan yang memiliki keragaman komposisi. Banyak sekali persyaratan pemakaian produk besi tuang kelabu ditentukan dalam perencanaan dengan melihat standar besi tuang yang telah diklasifikasikan berdasarkan kekuatan tariknya. Sifat-sifat mekanik dan teknologi menjadi pertimbangan utama jika suatu bahan dipakai dalam suatu permesinan, sedangkan sifat-sifat kimia merupakan kriteria awal untuk komponen mesin dan instalasi pada industri kimia.

Besi cor kelabu merupakan paduan dari besi dan karbon seperti halnya baja. Material ini merupakan salah satu material teknik yang banyak digunakan. Hal ini disebabkan oleh kemudahan proses pembuatan, mampu dibuat secara masal dan biaya proses yang kompetitif. Meskipun banyak menawarkan keuntungan, tetapi terdapat beberapa kekurangan yaitu sifat mekaniknya tidak setinggi baja (Surdia Tata, 1999).

## **1.2 Tujuan penelitian**

1. Mengetahui atau meneliti akibat penambahan mangan.
2. Mengetahui porositas yang terjadi pada besi cor kelabu yang dibuat menggunakan cetakan pasir.

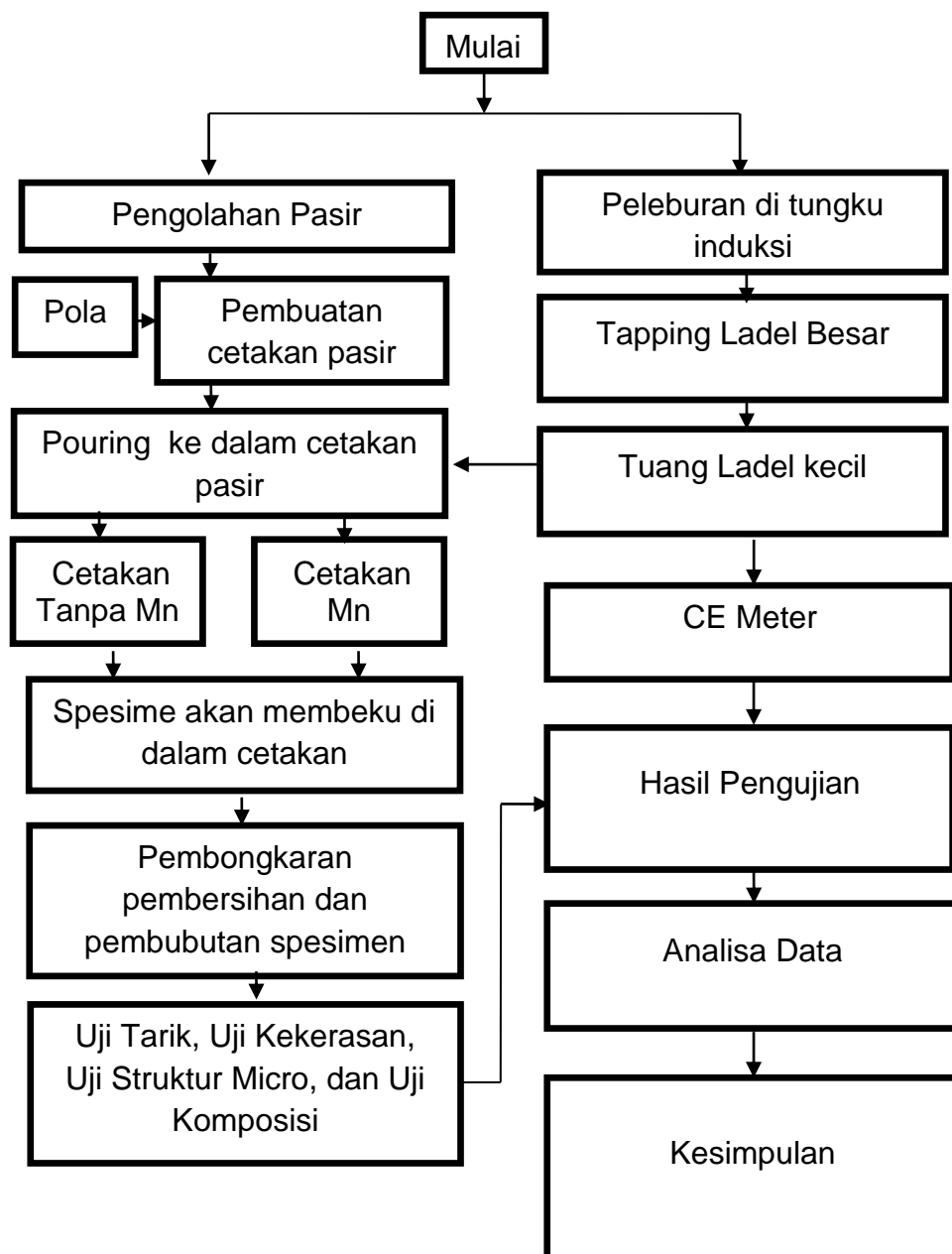
### 1.3 Batasan masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya dan untuk menghindari timbulnya penyimpangan pembahasan, maka penelitian ini berkonsentrasi pada :

1. Pengaruh penambahan mangan pada cetakan pasir, besi cor kelabu.
2. Keunggulan besi cor kelabu.
3. Kelemahan besi cor kelabu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan ini berisi prosedur dan pelaksanaan penelitian.

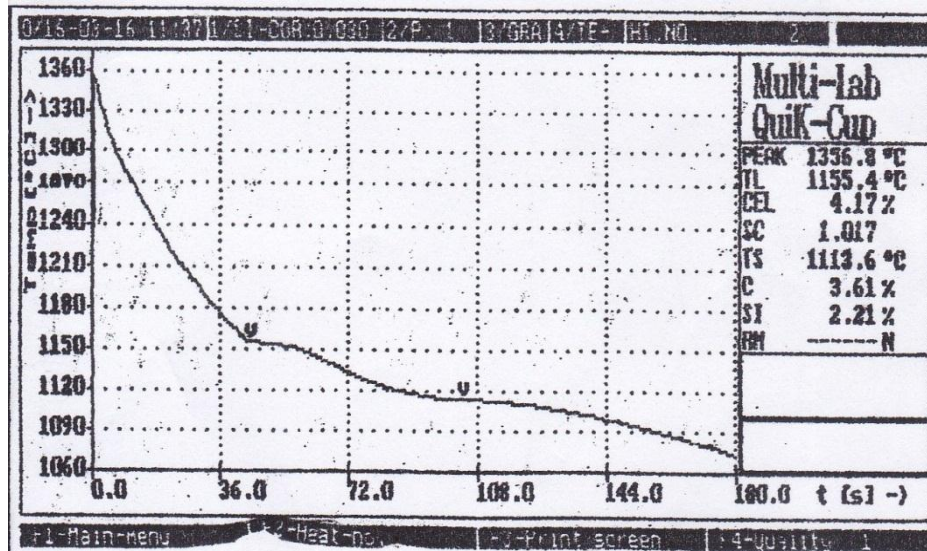


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3.HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian CE Meter

Hasil uji CE meter pada besi cor kelabu bertujuan untuk mengetahui temperatur dan waktu pendinginan serta perubahan unsur pada setiap tahap, mulai dari temperatur saat besi dituang, temperatur *liquid*, temperatur *solid*, dan temperatur saat besi membeku.



Gambar 2. Hasil CE METER

Pada hasil pengujian peleburan logam menggunakan CE meter diperoleh temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1356.3<sup>0</sup>C, temperatur *liquid* 1155.4<sup>0</sup>C bentuknya masih cair, temperatur *solid* 1113.6<sup>0</sup>C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060<sup>0</sup>C dimana besi telah beku.

#### 3.2 Hasil Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam benda uji. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji Spektrum Komposisi Kimia Universal (*spectrometer*) yang bekerja secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan penembakan terhadap permukaan sampel uji (yang sudah dihaluskan) dengan gas argon. Penembakan dilakukan sebanyak 2 titik. Dalam penelitian uji komposisi kimia dilakukan di laboratorium POLMAN, Ceper Klaten.

Tabel 1. Tabel Komposisi Kimia Tanpa penambahan Mn.

No	Kandungan unsur	Sampel Uji	
		Spesimen Uji Bagian Atas	Standart Deviasi
1	Fe 2	93.46	0.0114
2	C	3.52	0.0171



3	Si	1.84	0.0156
4	Mn 1	0.412	0.0022
5	P	0.094	0.0082
6	S	0.036	0.0014
7	Cr 1	0.125	0.0023
8	Mo	0.047	0.0002
9	Ni 1	0.119	0.0011
10	Al	0.023	0.0003
11	B	0.0009	0.0001
12	Co	0.000	0.0000
13	Cu	0.013	0.0030
14	Mg	0.009	0.0001
15	Nb	0.003	0.0000
16	Pb	0.0044	0.0002
17	Sn	0.014	0.0005
18	Ti	0.000	0.0000
19	V	0.041	0.0249
20	W	0.053	0.0004

Tabel 2. Tabel Komposisi Kimia Penambahan Mn.

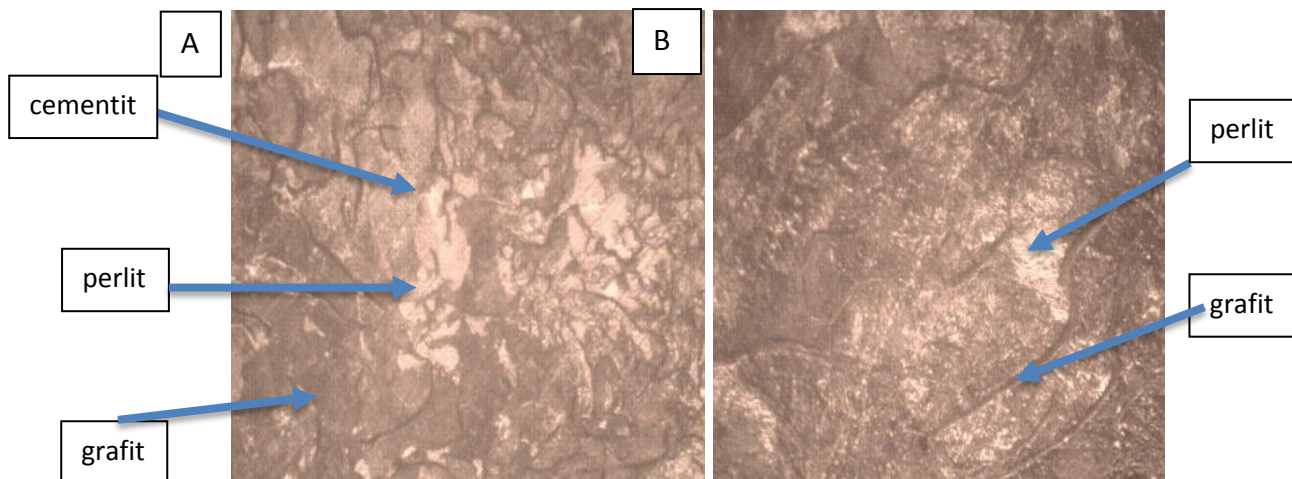
No	Kandungan Unsur	Sampel Uji	
		Spesimen Uji Bagian Atas	Standart Deviasi
1	Fe 2	93.57	0.0512
2	C	3.43	0.0315
3	Si	1.88	0.0175
4	Mn 1	0.414	0.0037
5	P	0.082	0.0109
6	S	0.033	0.0029
7	Cr 1	0.126	0.0018
8	Mo	0.048	0.0003
9	Ni 1	0.119	0.0004
10	Al	0.023	0.0002
11	B	0.0009	0.0000
12	Co	0.000	0.0000

13	Cu	0.016	0.0029
14	Mg	0.009	0.0002
15	Nb	0.003	0.0000
16	Pb	0.0043	0.0001
17	Sn	0.013	0.0002
18	Ti	0.000	0.0000
19	V	0.001	0.0010
20	W	0.055	0.0003

Pada hasil komposisi kimia terdapat 20 unsur tetapi hanya 6 unsur yang dapat berpengaruh pada besi cor yaitu Fe,C,Si,Mn,Cr, dan Ni karena keenam unsur tersebut mengandung lebih dari 0,5% komposisi besi cor tersebut.

### 3.3 Hasil Foto Mikro

Stuktur mikro baru akan terlihat dengan jelas apabila permukaan benda uji sudah benar-benar rata, halus dan mengkilap tanpa goresan, serta telah mengalami pengetsaan yang tepat. pengamatan dilakukan di bawah mikroskop Olympus Metallurgical Microscope dengan pembesaran yang optimal, sedangkan untuk pemotretan dilakukan dengan tambahan alat olympus Photomicrographic System.



Gambar 3. Hasil Foto Mikro A tanpa penambahan Mn B Dengan penambahan Mn dengan pembesaran 500x.

Dapat dilihat hasil foto micro terdapat perbandingan grafit dan cementit sehingga mempengaruhi pengaruh kekerasan pada setiap bagian, dilihat dari gambar B juga terdapat perlit yang membuat lebih keras karena pencampuran ferit dan cementit. Jika komposisi grafit

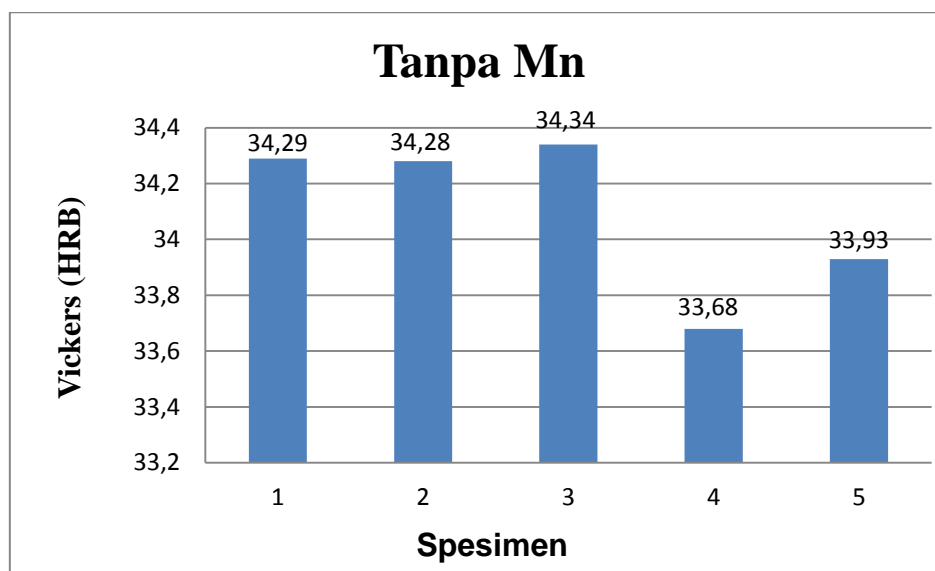
lebih mendominasi maka besi cor kelabu akan lebih lunak dan sebaliknya jika cementit lebih mendominasi maka tingkat kekerasannya semakin meningkat.

### 3.4 Hasil Uji Kekerasan.

Uji kekerasan rockwell memperhitungkan kedalaman indentasi dalam keadaan beban konstan sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10 kg. Sesudah beban minor diberikan, spesimen langsung dikenakan beban mayor. Kedalaman indentasi yang terkorvesi dalam skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca dial gage pada alat. Dial tersebut terdiri dari 100 bagian yang masing-masing mempresentasikan pentetrasi sebesar 0,0002 mm. Dial disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai kekerasan yang tinggi berkorelasi dengan kecil pentrasi. (Rockwell SNI 19.0407 1998).

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B Tanpa Mn.

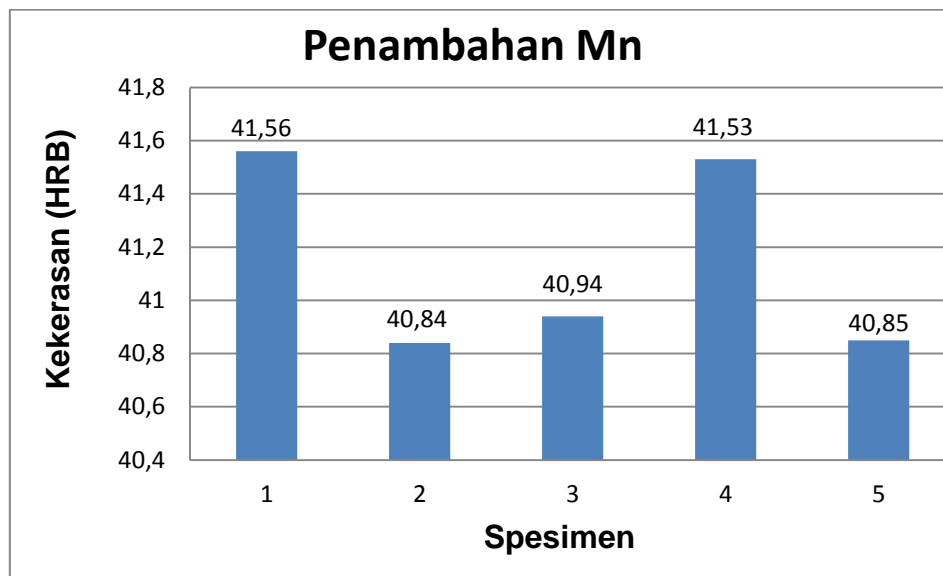
NO	KEKERASAN (HRB)	RATA-RATA (HRB)	STANDAR DEVIASI
1	34.29	34.1	0.03
2	34.28	34.1	0.03
3	34.34	34.1	0.03
4	33.68	34.1	0.03
5	33.93	34.1	0.03



Gambar 4. Histrogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Uji Kekerasan Tanpa Penambahan Mn.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B Penambahan Mn

NO	KEKERASAN (HRB)	RATA-RATA (HRB)	STANDAR DEVIASI
1	41.56	41.14	0.39
2	40.84	41.14	0.39
3	40.94	41.14	0.39
4	41.53	41.14	0.39
5	40.85	41.14	0.39



Gambar 5. Histogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Uji Kekerasan Penambahan Mn.

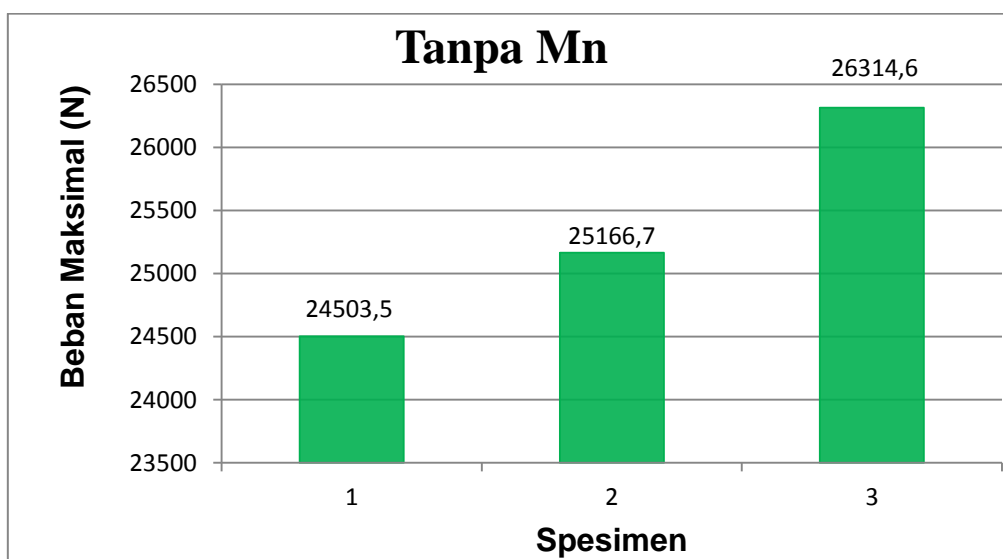
Dilihat dari hasil pengujian pada tabel 2 dan 3 di atas dapat diketahui penambahan Mn lebih tinggi yaitu rata-ratanya mencapai 41,14 HRB, sedangkan tanpa penambahan Mn nilai rata-ratanya hanya mencapai 34,1 HRB. Dapat disimpulkan bahwa penambahan Mn dapat meningkatkan kekerasan.

### 3.5 Hasil uji tarik

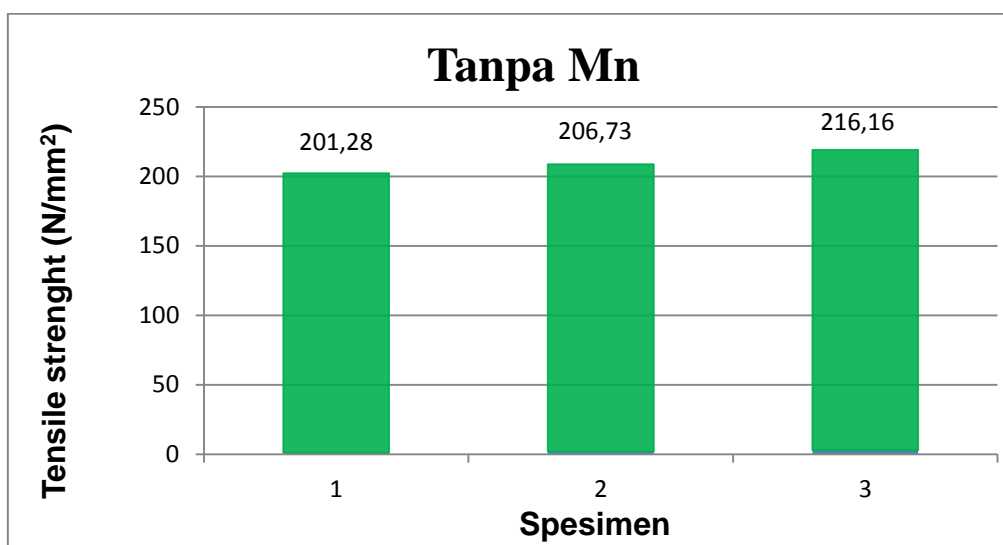
Pengujian tarik dilakukan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang seimbang. Hasil yang didapat dalam uji tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain suatu produk agar dapat menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. (JIS Z 2201 No 8B).

Tabel 5. Hasil Uji Tarik Tanpa Mn

Sampel	Diameter dalam	Panjang ukuran awal (mm)	Luas area (mm)	Beban maksimal (mm)	Tensile strenght (N/mm <sup>2</sup> )
1	12,45	12,50	121,79	24503,5	201,28
2	12,45	12,50	121,79	25166,7	206,73
3	12,45	12,50	121,79	26314,6	216,16



Gambar 6. Histogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Beban Maksimal Pada Uji Tarik tanpa Mn.

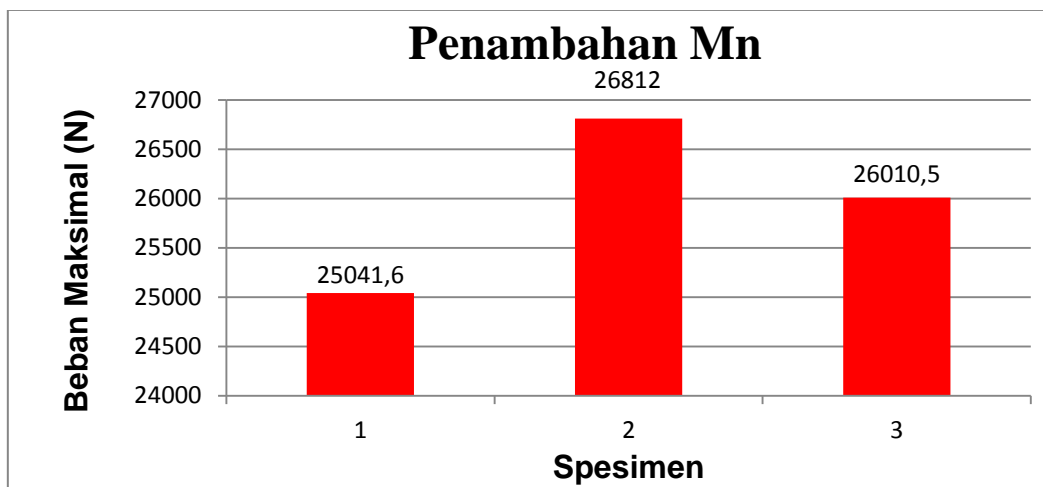


Gambar 7. Histogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Tensile Strenght Uji Tarik Tanpa Mn.

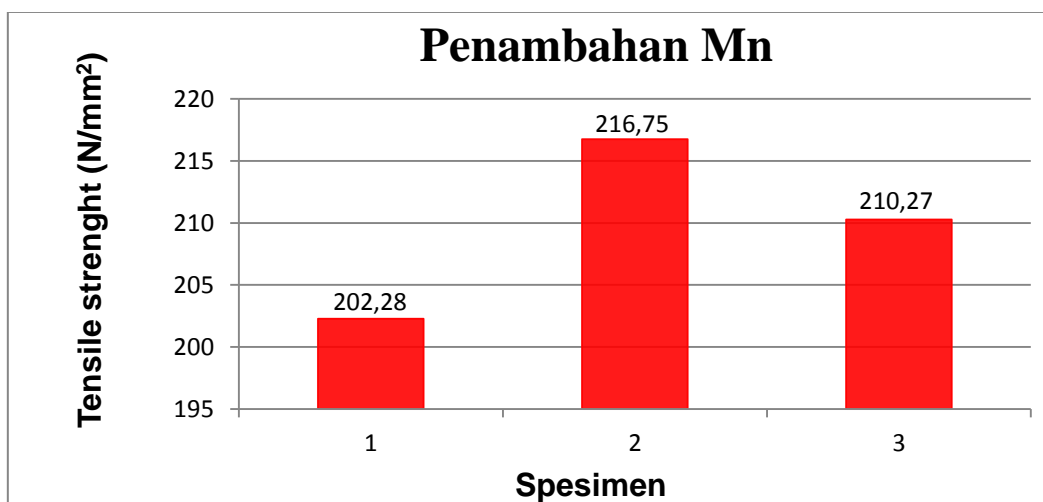


Tabel 6. Hasil Pengujian Tarik Dengan Penambahan Mn.

Sampel	Diameter dalam (mm)	Panjang ukuran awal (mm)	Luas area (mm)	Beban maksimal (mm)	Tensile strenght (N/mm <sup>2</sup> )
1	12,55	12,50	123,702	25041,6	201,28
2	12,55	12,50	123,702	26812	206,73
3	12,55	12,50	123,702	26010,5	216,16



Gambar 8. Histogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Beban Maksimal Pada Uji Tarik Penambahan Mn.



Gambar 9. Histogram Hubungan Antara Spesimen Dengan Tensile Streng Uji Tarik Penambahan Mn.

Pada pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi pada pengujian tersebut penambahan Mn dengan nilai beban maksimal tertinggi 26812 N dan Tensile streng 216.75 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan tanpa penambahan Mn nilai beban tertinggi 26314,6N dan Tensile streng 216,16 N/mm<sup>2</sup>. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa penambahan Mn dapat mempengaruhi kekuatan besi cor kelabu.

### 3.6 Porositas



Gambar 10. Cacat porositas.

Dari analisa proses ada beberapa hal yang dapat menjadi penyebab utama terjadinya cacat porositas pada produk tabung panjang, antara lain :

1. Jumlah gas yang terlarut dalam besi tuang saat cair melebihi batas kelarutan pada saat proses solidifikasi. Kelebihan kandungan gas tersebut dapat berasal dari *charging material*, proses *melting*, dan kelembapan udara.
2. Komposisi muatan logam.
3. Reaksi antara besi tuang cair dengan uap air. Uap air ini berasal dari pelarut coating yang belum sepenuhnya menguap saat cetakan dipanaskan.

#### 4. Penutup

Dari hasil analisa, pengujian spesimen dan pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik suatu kesimpulan yaitu: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan mangan besi cor kelabu pada cetakan pasir. Penelitian ini menggunakan pola kayu silinder. Produk besi cor silinder berfungsi sebagai bahan pengujian. Hasil data pengujian yang diperoleh dari CE meter temperatur awal saat dituang dalam cetakan  $1356.8^{\circ}\text{C}$ , temperatur *liquid*  $1155.4^{\circ}\text{C}$  bentuknya masih cair, temperatur *solid*  $1113.6^{\circ}\text{C}$  dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir  $1060^{\circ}\text{C}$  dimana besi telah beku dan mengeras dalam waktu 180 detik. Hasil komposisi kimia terdapat 20 unsur tetapi hanya ada 6 unsur yang berpengaruh pada besi cor kelabu yaitu  $\text{Fe}=0.0512$ ,  $\text{C}=0.0315$ ,  $\text{Si}=0.0175$ ,  $\text{Mn}=0.0037$ ,  $\text{Cr}=0.0018$ ,  $\text{Ni}=0.0004$ . Unsur tersebut mengandung lebih dari 0,5% komposisi besi cor kelabu tersebut Gambar struktur mikro terdapat perbandingan grafit dan cementit yang mempengaruhi nilai kekerasan pada setiap bagian, dan juga terdapat perlit (ferit + sementit) yang membuat nilai kekerasdan meningkat. Dari hasil pengujian kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan Mn dengan rata-rata mencapai 34.10 HRB, dan spesimen yang menggunakan Mn rata-rata sebesar 41.14 HRB. Hasil pengujian tarik tanpa penambahan Mn didapat hasil tertinggi beban maksimal sebesar 26314.6 N, serta *Tensile Strength*  $216.16 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan spesimen dengan penambahan Mn didapat hasil tertinggi beban maksimal sebesar 26812N, sedangkan *tengsile strength*  $216.75 \text{ N/mm}^2$ , porositas yang terjadi pada besi cor kelabu diakibatkan oleh beberapa factor antara lain desain pengecoran dan pola, pasir cetak, desain cetakan inti, dan komposisi muatan logam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arga, Faizal. (2014). "*perbaikan cacat shrinkage pada produk*". Polman, Klaten.
- Arifin, Bustanul. (2001). "*pengaruh penambahan Cu 0,4% dan Ni 0,6% terhadap sifat fisis dan mekanis pada besi cor kelabu*".  
<http://eprints.ums.ac.id/1042/1/D2000000180.pdf>
- Astika, Made I. (2010). "*Pengaruh jenis pasir cetak dengan zat pengikat bentonit terhadap sifat permeabilitas dan kekuatan tekan basah cetakan pasir (sand casting)*", Universitas Udayana, Bali.  
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=15073&val=982>

Dede, Suhayat. (2009). "*Analisa cacat coran logam pada pengecoran cetakan*", Universita Pendidikan Indonesia, Jakarta.

<http://jurnal.upi.edu/aturan-penulisan/view/498/analisis-cacat-coran-logam-pada--pengecoran-cetakan-ekspendebel.html>

Sidiq, Budiyono. (2013). "*Perbandingan kualitas hasil pengecoran pasir cetak basah dengan campuran bentonit 3% dan 5% pada besi cor kelabu*", Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Supriyanto, Edy. (2008). "*Pengaruh kadar silikon (si) terhadap kekerasan besi cor kelabu*", Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.